

**Family list**

2 application(s) for: JP2000025238

1

**INK-JET RECORDING APPARATUS, AND INK-JET  
RECORDING METHOD**

**Inventor:** IKEDA KOJI ; SOGAMI ATSUSHI

**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

**EC:**

**IPC:** B41J2/01; B41J2/045; B41J2/055; (+12)

**Publication info:** JP2000025238 (A) — 2000-01-25  
JP3394721 (B2) — 2003-04-07

2 **Ink jet recording apparatus and ink jet recording method**

**Inventor:** IKEDA KOUJI [JP] ; SOGAMI ATSUSHI **Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
[JP] LTD [JP]

**EC:** B41J2/14

**IPC:** B41J2/14; B41J2/14; (IPC1-7): B41J2/06

**Publication info:** US6382771 (B1) — 2002-05-07


Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

# INK-JET RECORDING APPARATUS, AND INK-JET RECORDING METHOD

**Publication number:** JP2000025238 (A)

**Also published as:**

**Publication date:** 2000-01-25

 JP3394721 (B2)

**Inventor(s):** IKEDA KOJI; SOGAMI ATSUSHI

**Applicant(s):** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

**Classification:**

**- international:** *B41J2/01; B41J2/045; B41J2/055; B41J2/06; B41J2/51; B41J2/01; B41J2/04; B41J2/045; B41J2/055; B41J2/51; (IPC1-7): B41J2/06; B41J2/01; B41J2/045; B41J2/055; B41J2/51*

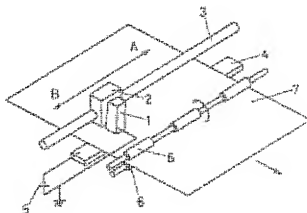
**- European:**

**Application number:** JP19990123201 19990428

**Priority number(s):** JP19990123201 19990428, JP19980125675 19980508

## Abstract of JP 2000025238 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To further reduce the displacement amount of the impact positions of ink droplets in the case of ejecting small droplets from a large diameter nozzle. **SOLUTION:** An ink-jet head 1 mounted on a carriage 2 can be moved reciprocally by being guided by a carriage shaft 3. A high voltage of about -2 KV is applied between a counter electrode 4 and the ink-jet head 1 by a power source 5. By having the ejecting direction of ink droplets from the ink-jet head 1 slant with respect to the counter electrode 4, the displacement amount of the impact positions of large droplets and small droplets can be reduced.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database — Worldwide

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
B 4 1 J	2/06	B 4 1 J	3/04 1 0 3 G
	2/01		1 0 1 Z
	2/045		1 0 3 A
	2/055	3/10	1 0 1 J
	2/51		
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 19 頁)			

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 19 頁)

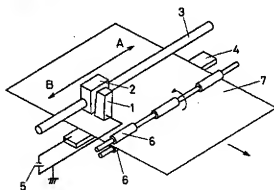
(21) 出願番号	特願平11-123201	(71) 出願人	00005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成11年4月28日(1999.4.28)	(72) 発明者	池田 浩二 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-125675	(72) 発明者	曾我美 淳 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
(32) 優先日	平成10年5月8日(1998.5.8)	(74) 代理人	100092794 弁理士 松田 正道
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

## (54) 【発明の名称】 インクジェット記録装置、及びインクジェット記録方法

## (57) 【要約】

【課題】 記録紙とノズルとの相対移動速度が速い場合、ドット変調では、大液滴と小液滴の記録紙上への着弾位置間のずれ量が大きくなりすぎるという課題。

【解決手段】 キャリッジ2に搭載されたインクジェットヘッド1は、キャリッジ軸3にガイドされながら往復動作し、又、対向電極4とインクジェットヘッド1の間には、電源5によって、-2KV程度の高電圧が印加されている。又、インクジェットヘッド1からのインク液滴17の吐出方向を、対向電極4に対して斜めにするこにより、大液滴と小液滴とでの着弾位置間のずれ量を低減することが出来る。



- 1 インクジェットヘッド
- 2 キャリッジ
- 3 キャリッジ軸
- 4 対向電極
- 5 電源
- 6 記録紙搬送手段
- 7 記録紙

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドと、

前記インクジェットヘッドと記録紙とを相対移動させる相対移動手段と、

前記インクジェットヘッドに対向する位置に配置された対向電極と、

前記インクと前記対向電極との間に電圧を印加する電圧印加手段とを備え、

前記ノズルから吐出されるインクの吐出方向が、前記電圧印加手段により発生する電界の方向を基準として斜め方向であり、且つ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有していることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 2】 前記電界方向は前記対向電極近傍の電界方向であり、

前記インクの吐出方向が、前記電界方向を基準として斜め方向であるとは、前記インクの吐出方向が、前記相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であるということであり、

前記ノズルから吐出されるインクの吐出方向が、前記ノズルから前記対向電極におろした垂線と、前記ノズルから前記相対移動手段による相対移動方向へ引いた直線とを含む平面に平行であるか、又はその平面に含まれることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 3】 前記インクジェットヘッドは、前記インクを収容する圧力室と、前記圧力室に連通シノズルを吐出するノズルと、前記圧力室に圧力を印加するための圧力印加手段とで構成されることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 4】 前記圧力印加手段の圧力を可変とする圧力可変手段を備え、前記ノズルからのインクの吐出量が可変であることを特徴とする請求項 3 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 5】 前記圧力印加手段は、前記圧力室に形成された振動板と、前記振動板を振動させる圧電素子とを備え、

前記圧力可変手段は、前記圧電素子への通電波形を切り替えることを特徴とする請求項 4 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 6】 前記ノズルから前記対向電極におろした垂線に直交する面に対して、前記ノズルの吐出口が設けられたノズル面を斜めに配置し、かつ、前記インクを前記ノズル面に対して垂直に吐出させることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 7】 前記ノズルから前記対向電極におろした垂線に直交する面に対して、前記ノズルの吐出面が設けられたノズル面を平行に配置し、かつ、前記インクを前記ノズル面に対して斜めに吐出させることを特徴とする

請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 8】 前記ノズル面に対して前記ノズルの軸が斜めであることを特徴とする請求項 7 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 9】 前記相対移動手段による前記インクジェットヘッドと前記記録紙との相対移動速度を切り替える相対移動速度切り替え手段と、

前記インクジェットヘッドと前記記録紙との相対移動速度に応じてインクの吐出の角度を切り替える吐出角度切り替え手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 10】 前記相対移動手段は、前記インクジェットヘッドを前記記録紙に対して往復動作させるものであり、かつ、前記ノズルからのインクの吐出を往動作時、復動作時共に行うものであり、かつ、往動作時と復動作時とは、それら双方の動作におけるインク液滴の吐出方向が、前記相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して、互いに対称の方向であることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェット記録装置。

【請求項 11】 所望の記録品質を入力する工程と、前記記録品質に応じて、ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドの記録紙に対する相対移動速度を切り替える工程と、

前記相対移動速度に応じて、前記ノズルから吐出するインクの吐出方向を切り替える工程を有することを特徴とするインクジェット記録方法。

【請求項 12】 前記インクの吐出方向は、前記相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有していることを特徴とする請求項 11 記載のインクジェット記録方法。

【請求項 13】 ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドの記録紙に対する相対移動方向を決定する工程と、

前記相対移動方向に応じて、前記ノズルから吐出するインクの吐出方向を切り替える工程を有し、

前記インクの吐出方向が、前記相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有していることを特徴とするインクジェット記録方法。

【請求項 14】 前記インクジェットヘッドまたは前記記録紙は、往復動作を行い、前記インクの吐出方向は、往動作時と復動作時とは、前記相対移動方向に垂直な面に対して、互に対称の方向であることを特徴とする請求項 13 記載のインクジェット記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小ノズルからインクなどの液体を吐出させ、記録紙やシート上に液体パターンを形成することにより文字や図形を描くインク

ェット記録装置及び記録方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パソコンなどの印刷装置としてインクジェット記録装置を用いたプリンタが、取り扱いが簡単、印字性能が良い、低コストなどの理由から広く普及している。このインクジェット記録装置には、熱エネルギーによってインク中に気泡を発生させ、その気泡による圧力波によりインク液滴を吐出させるサーマル方式、静電力によりインク液滴を吸引吐出させる静電方式、圧電素子のような振動子による圧電方式等、種々の方式がある。

【0003】さらに、圧電方式と静電方式とを融合させた方式も提案されている。例えば、圧電方式と静電方式とを融合させた方式は、特開平5-278212号公報に提案されており、この提案を図15を用いて説明する。図15において、110はインクを吐出するノズル、112はノズル110に連通してインクを収容する圧力室である。115は圧力室112に圧力を印加するための圧電素子、120はノズル110の先端部に形成された凸状のインクメニスカスである。また、108はインクメニスカス120を形成しているインク部を帯電させる帯電用電極、104はこの帯電用電極108に記録紙107を介して対向配置された対向電極である。そして、帯電用電極108と対向電極104との間には、高圧電源105により高圧を印加する構成になっている。

【0004】この構成において、まず、圧電素子115に電圧を印加し、圧電素子115による発電力で圧力室112の体積を小さく、ノズル110にインクメニスカス120を形成する。次に、このインクメニスカス120が帯電用電極108によって帯電されると、このインクメニスカス120が帯電用電極108と対向電極104とで形成された電界によって対向電極104に向けて吐出される。このとき、対向電極104との間には記録紙107が配置されているため、この記録紙107にインク像が形成される。

【0005】また、図15において、圧電素子115によりインクメニスカス120を形成したが、これは、インク液滴を吐出させても構わない。通常、圧電素子115に加える電圧を高くすると吐出するインク液滴の液滴径は大きく、かつ吐出速度は速くなる。また、圧電素子115に加える電圧を低くすると吐出するインク液滴の液滴径は小さく、かつ吐出速度は遅くなる。そこで、図15の構成では、圧電素子115に加える電圧を低くし、吐出するインク液滴の液滴径を小さく、かつ吐出速度は遅くした場合でも、静電力によりインク液滴を加速し、インク液滴の飛翔の安定性を向上させることができる。また、ノズル110が小径になればなるほど目詰まり等が生じやすく、また製造時の歩留まりも悪くなるため、インクジェット記録装置においては、大径ノズルに

て小径インク液滴を吐出させることは非常に有用である。したがって、図15の構成では大径のノズルから吐出させた小液滴の飛翔安定性の向上を実現でき、ノズルの目詰まり少なく、かつ製造上の歩留まりの良いインクジェットヘッドが提供できる可能性がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図15の方法では、大径のノズルから吐出させた小液滴を静電界により加速することによりインク液滴の飛翔安定性の向上を実現できるが、インク液滴の吐出速度が遅いため、インク液滴の飛翔速度は遅い。インク液滴の飛翔速度が遅い場合は、飛翔速度のバラツキによる記録紙107上での着弾位置ずれが大きくなり、画像の劣化が生じてしまう。記録紙107とノズル110との相対移動速度が遅い場合は問題ないが、速い場合は、着弾位置バラツキが大きくなり実用的でなくなる。

【0007】さらに、図15の方法にて、圧電素子115に印加する電圧を可変とし、吐出液滴の体積を変更することによりドット変調を行おうとした場合、大ドット（大液滴）と小ドット（小液滴）とで記録紙107への着弾位置ずれが生じてしまう。静電界を印加した場合は印加しない場合よりは、着弾位置ずれを低減できるが、記録紙107とノズル110との相対移動速度が遅い場合は、着弾位置ずれが大き過ぎて実用にはならない。

【0008】本発明は、上記従来のこのような課題に鑑み、大径ノズルから小液滴の吐出を行った場合のインク液滴の着弾位置ずれを低減することにより、ノズルの目詰まりが少なく、かつ製造上の歩留まりの良いインクジェットヘッド記録装置を提供することを目的とする。

【0009】さらに、大液滴と小液滴による記録紙への着弾位置ずれを低減することにより、ドット変調が可能となるインクジェット記録装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1の本発明（請求項1に記載の本発明に対応）は、ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドと、前記インクジェットヘッドと記録紙とを相対移動させる相対移動手段と、前記インクジェットヘッドに対向する位置に配置された対向電極と、前記インクジェットヘッドと前記対向電極との間に電圧を印加する電圧印加手段とを備え、前記ノズルから吐出されるインクの吐出方向が、前記電圧印加手段により発生する電界の方向を基準として斜め方向であり、且つ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有しているインクジェット記録装置である。

【0011】第2の本発明（請求項2に記載の本発明に対応）は、上記電界方向は前記対向電極近傍の電界方向であり、前記インクの吐出方向が、前記電界方向を基準として斜め方向であるとは、前記インクの吐出方向が、

前記相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であるということであり、前記ノズルから吐出されるインクの吐出方向が、前記ノズルから前記対向電極におろした垂線と、前記ノズルから前記相対移動手段による相対移動方向へ引いた直線とを含む平面に平行であるか、又はその平面に含まれる上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0012】第3の本発明（請求項3に記載の本発明に対応）は、上記インクジェットヘッドは、前記インクを収容する圧力室と、前記圧力室に連通しインクを吐出するノズルと、前記圧力室に圧力を印加するための圧力印加手段とで構成される上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0013】第4の本発明（請求項4に記載の本発明に対応）は、上記圧力印加手段の圧力を可変とする圧力可変手段を備え、前記ノズルからのインクの吐出量が可変である上記第3の本発明のインクジェット記録装置である。

【0014】第5の本発明（請求項5に記載の本発明に対応）は、上記圧力印加手段は、前記圧力室に形成された振動板と、前記振動板を振動させる圧電素子とを備え、前記圧力可変手段は、前記圧電素子への通電波形を切り替える上記第4の本発明のインクジェット記録装置である。

【0015】第6の本発明（請求項6に記載の本発明に対応）は、上記ノズルから前記対向電極におろした垂線に直交する面に対して、前記ノズルの吐出口が設けられたノズル面を斜めに配置し、かつ、前記インクを前記ノズル面に対して垂直に吐出させる上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0016】第7の本発明（請求項7に記載の本発明に対応）は、上記ノズルから前記対向電極におろした垂線に直交する面に対して、前記ノズルの吐出面が設けられたノズル面を平行に配置し、かつ、前記インクを前記ノズル面に対して斜めに吐出させる上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0017】第8の本発明（請求項8に記載の本発明に対応）は、上記ノズル面に対して前記ノズルの軸が斜めである上記第7の本発明のインクジェット記録装置である。

【0018】第9の本発明（請求項9に記載の本発明に対応）は、上記相対移動手段による前記インクジェットヘッドと前記記録紙との相対移動速度を切り替える相対移動速度切り替え手段と、前記インクジェットヘッドと前記記録紙との相対移動速度に応じてインクの吐出の角度を切り替える吐出角度切り替え手段とを備えた上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0019】第10の本発明（請求項10に記載の本発明に対応）は、上記相対移動手段は、前記インクジェットヘッドを前記記録紙に対して往復動作させるものであ

り、かつ、前記ノズルからのインクの吐出を往動作時、復動作時共に行うものであり、かつ、往動作時と復動作時とは、それら双方の動作におけるインク液滴の吐出方向が、前記相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して、互いに対称の方向である上記第1の本発明のインクジェット記録装置である。

【0020】第11の本発明（請求項11に記載の本発明に対応）は、所望の記録品質を入力する工程と、前記記録品質に応じて、ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドの記録紙に対する相対移動速度を切り替える工程と、前記相対移動速度に応じて、前記ノズルから吐出するインクの吐出方向を切り替える工程を有するインクジェット記録方法である。

【0021】この場合、上記記録品質は、例えば、記録の解像度であり、速度モードで決定されるものである。

【0022】第12の本発明（請求項12に記載の本発明に対応）は、上記インクの吐出方向は、前記相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有している上記第11の本発明のインクジェット記録方法である。

【0023】第13の本発明（請求項13に記載の本発明に対応）は、ノズルからインクを吐出するインクジェットヘッドの記録紙に対する相対移動方向を決定する工程と、前記相対移動方向に応じて、前記ノズルから吐出するインクの吐出方向を切り替える工程を有し、前記インクの吐出方向が、前記相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、前記記録紙に対する前記インクジェットヘッドの相対移動方向の成分を有しているインクジェット記録方法である。

【0024】第14の本発明（請求項14に記載の本発明に対応）は、上記インクジェットヘッドまたは前記記録紙は、往復動作を行い、前記インクの吐出方向は、往動作時と復動作時とは、前記相対移動方向に垂直な面に対して、互に対称の方向である上記第13の本発明のインクジェット記録方法である。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図1から図14を用いて説明する。

【0026】（実施の形態1）図1は本発明にかかる第1の実施の形態のインクジェット記録装置の概略構成図である。

【0027】図1において、1はインクジェットヘッドであり、キャリッジ2に搭載されキャリッジ軸3にガイドされながら図示なき駆動手段により往復動作するように構成されている。このキャリッジ2、キャリッジ軸3、および駆動手段により特許請求の範囲における相対移動手段が構成されている。4は金属からなる対向電極であり、インクジェットヘッド1との距離が1mmに設定されている。また、対向電極4とインクジェットヘッド

1とは、インクジェットヘッド1側が接地された状態で電源5によって-1.8kVの高電圧が印加されている。この電源5によって特許請求の範囲における電圧印加手段が構成されている。6は記録紙搬送手段であり、キャリッジ軸3に対して垂直方向に記録紙7を搬送する。

【0028】次に、図2はインクジェットヘッド1を示す断面図である。図2において、8はステンレスからなるノズル板であり、そのノズル板8にはインク9を吐出するノズル10が設けられている。このノズル板8と対向電極4との間に電源5によって-1.8kV程度の高電圧が印加されている。インク9には水性インクを用いている。11はノズル面であり、ノズル面11は対向電極4に対して斜めになるように配置している。また、ノズル10のノズルの軸10aは、ノズル面11に対して垂直になるようにしている。12はノズル10に連通したインク9を収容する圧力室である。13は圧力室構造体であり、この圧力室構造体13とノズル板8とで圧力室12が形成されている。圧力室構造体13には圧力室12にインク9を供給するためのインク供給口14が設けられている。また、インク供給口14は図示なき共通液室、インクタンクへと連通している。15は0.02mm厚のPZT（ここでは、 $Pb(Zr_{0.95}Ti_{0.05})O_3$ を使用）からなる圧電素子であり、この圧電素子15により0.01mm厚のステンレスからなる振動板16を振動させる。そして17はノズル10より吐出されたインク液滴である。図2は断面図であるため一つの圧力室12に一つのノズル10の図としたが、実際は、複数の圧力室12を備え、それぞれの圧力室12に対し各々一つのノズル10を備えたものである。

【0029】以上のように構成されたインクジェット記録装置について、以下、その動作を図1～図7を用いて説明しながら、本発明の一実施の形態のインクジェット記録方法も同時に述べる。

【0030】まず、インクジェット記録装置の動作について、図1を用いて説明する。図1において、記録紙搬送手段6にて記録紙7を所望の位置に搬送する。キャリッジ2を図示なき手段にてA位置からB位置に移動させながら、ノズル10よりインク液滴17を吐出させる。これにより、インクジェットヘッド1の一走分の記録画像を記録紙7上に記録することができる。次にキャリッジ2をB位置からA位置に移動させながら、記録紙搬送手段6にて記録紙7を所望位置に搬送する。さらに再度、キャリッジ2をA位置からB位置に移動させながら、ノズル10よりインク液滴17を吐出させる。これにより、インクジェットヘッド1の一走分の記録画像を記録紙7上に記録する。この動作の繰り返しによって記録紙7への画像形成を実現することができる。

【0031】次に、図2を用いてノズル10よりインク液滴17の吐出動作について説明する。圧電素子15に

電圧を印加する。そうすると圧電素子15と共に振動板16が圧力室12の体積を減少させる方向にたわむ。これにより圧力室12の圧力が高まり、インク9がインク液滴17となりノズル10から記録紙7に向かって吐出する。この時、ノズル板10と対向電極4の間には静電界がかけられているため、インク9がインク液滴17となる前に正電荷が誘起され、正に帯電したインク液滴17となりノズル10より吐出する。また、静電界の力により、インク液滴17は加速されながら記録紙7に向かって飛翔する。

【0032】この時、インク液滴17の吐出速度が低速であっても、静電力によりインク液滴17が加速され、記録紙7の所望の位置に着弾させやすくなる。

【0033】また、ノズル面11は対向電極4に対して斜めになっているため、インク液滴17は、ノズルから対向電極4に降ろした垂線に対して斜めに吐出することになる。すなわち、ノズルから吐出されるインクの吐出方向は、ノズル板10と対向電極4との間に発生する正電界の電界方向を基準として斜め方向である。以後、このような吐出を、単に「斜め吐出」と呼ぶものとする。さらにまた、その斜め吐出の吐出方向201は、ノズル10から対向電極4におろした垂線202（対向電極4の近傍の電界方向に対応）と、ノズル10から、インクジェットヘッド1の記録紙7に対する相対移動方向203へ引いた直線とを含む平面に平行（または、その平面に含まれるもの）であり、かつ、記録紙7に対するインクジェットヘッド1の相対移動方向に向いている。

【0034】次に、斜め吐出の効果も、実験データおよびシミュレーション結果をもとに説明する。なお、斜め吐出の効果の理論的な説明については、後述する。

【0035】まず、実験およびシミュレーションに用いるインクジェットヘッド1の所要寸法を説明する。

【0036】圧力室の幅は、0.34mm、深さは0.16mm、長さは2.2mmである。また振動板16の振動する部分は、幅が0.34mm、長さが2mm、そして圧電素子15は幅が0.24mm、長さが2mmである。また、ノズル10、インク供給口14の小径部分の直径はともに0.035mmである。

【0037】次に、実験の条件について説明する。

【0038】インクジェットヘッド1の相対移動速度は、500mm/sである。また、インクジェットヘッド1と、記録紙7とのギャップは、1mmである。従って、このギャップにおける電界強度は、 $1.8kV/mm$ である。また、圧電素子15に印加する電圧波形を図3に示す。図3に示す電圧波形にてピーク電圧を12V～36Vの範囲で印加した。また、繰り返しの周期は2kHzで実験した。また、斜め吐出の角度は0度～16度の範囲で実験した。図4は、図3の電圧波形を圧電素子15に印加した時の、その電圧波形のピーク電圧とインク液滴17の液滴の質量を表したものである。これは、

静電界を印加した場合としない場合とで変化はなく、ピーク電圧が大きくなるにしたがってインク液滴17の質量が増加するという結果が得られた。

【0039】次に、図3での電圧波形を加えた場合のインク液滴17の質量と記録紙7上での着弾位置との関係を(表1)ならびに図5に示す。この時、圧電素子15への電圧印加を開始した時の、ノズル10から対向電極4へ降ろした垂線の記録紙7との交点を原点とし、この原点から、実際にインク液滴17が記録紙7上に着弾した位置までの距離を着弾位置と定義した。(表1)ならびに図5では、斜め吐出の角度が0度、4度、8度、12度、16度での状態を示したものである。また、静電界を印加しないで真っ直ぐ吐出させた場合、静電界を印加しないで角度12度で吐出させた場合、角度-4度で吐出させた場合も同時に示している。なお、(表1)ならびに図5に示す結果は、斜め吐出角度が0度の状態については実験によるものであるが、他の斜め角度については、後述する理論式を用いたシミュレーションの結果である。

【0040】これらの結果から明らかな様に、静電界を印加し、かつ、真っ直ぐ吐出させた場合(吐出角度0度)は、インク液滴量が18ng~72ng(小液滴

と、大液滴を吐出させるドット変調方式の場合に対応)の範囲では、着弾位置のバラツキは±0.06mm生じてしまう。この場合、静電界を印加しない状態よりはかなり着弾位置ずれを低減はできてはいるが実用的ではない。なお、インク液滴量が大きい程、吐出速度も大きくなり、液滴量が18ngの場合の吐出速度は1.3m/sであり、72ngの場合は、11.6m/sである。

【0041】また、斜め吐出の角度を-4度とした時の着弾位置のバラツキもかなり大きい。さらに静電界を強くすれば着弾位置のバラツキは低減することは可能ではあるが、静電界は-4KV/mmがほぼ限界であり、その時でも、着弾位置ずれは±0.04mmであり、実用的でない。また、静電界を強くする場合、インクジェットヘッド1と対向電極4とのギャップは1mm以下にはしないため印加電圧を高くする必要があり、装置コスト、絶縁対策等に課題が生じ好ましくない。

【0042】これに対し、斜め吐出の角度を12度とした時、インク液滴量が18ng~72ngの範囲において、着弾位置が±0.011mmの範囲に収めることができた。

【0043】

【表1】

インク液 滴量(ng)	着弾位置 (μm) 静電界0度	着弾位置 (μm) 静電界4度	着弾位置 (μm) 静電界8度	着弾位置 (μm) 静電界12度	着弾位置 (μm) 静電界16度	着弾位置 (μm) 静電界20度	着弾位置 (μm) 静電界24度	着弾位置 (μm) 静電界28度	着弾位置 (μm) 静電界32度
17.6	165.0	194.9	224.6	254.1	283.1	385.0	592.9	132.2	
20.3	142.5	182.3	221.8	261.0	299.6	250.0	457.9	100.8	
23.2	130.0	176.5	222.8	268.6	313.8	195.0	402.9	82.0	
26.2	115.0	165.9	216.6	266.8	316.3	157.5	365.4	63.0	
28.6	105.0	158.9	212.4	265.5	317.8	136.0	343.9	50.3	
34.0	84.0	138.5	192.7	246.5	299.4	107.5	315.4	28.9	
39.1	73.0	131.9	190.4	248.5	305.6	86.5	294.4	13.7	
43.8	64.5	125.3	185.8	245.7	304.7	74.0	281.9	3.4	
48.5	59.5	122.4	185.0	246.9	308.0	66.0	273.9	-3.6	
52.7	54.5	118.9	183.1	246.5	309.1	59.0	266.9	-10.2	
56.7	52.5	119.1	185.3	251.0	315.6	55.0	262.9	-14.3	
60.4	48.0	115.0	181.6	247.6	312.6	50.0	257.9	-19.2	
64.3	46.5	114.1	181.3	247.9	313.5	48.0	255.9	-21.3	
67.6	43.8	112.7	181.3	249.3	316.3	44.3	252.2	-25.4	
70.9	43.3	113.0	182.4	251.2	318.9	43.3	251.2	-26.7	

【0044】したがって、静電界を印加してもインク液滴17を真っ直ぐ吐出させた場合は500mm/sの相対移動速度の場合は、大液滴と小液滴を吐出させた場合、着弾位置ずれが大きく実用的でない。しかしながら、静電界を印加した状態でインク液滴17を斜め吐出させた場合は、大液滴を吐出させた場合と小液滴を吐出させた場合とで着弾位置ずれを低減でき、いわゆるドット変調が実現できる。

【0045】次に、ドット変調を行わず2値記録を行う

場合の斜め吐出の動作について説明する。通常、ピーク電圧を下げればインク液滴量を少なくすることができるが、その時はインク液滴17の吐出速度が遅く、その状態においては、吐出速度のバラツキの着弾位置ずれに与える影響が非常に大きくなる。

【0046】図5において、インク液滴量が20ng±2ngの時、静電界を印加していない場合(吐出角度0度)の着弾位置ずれは±0.073mmとなった。したがって、着弾位置ずれの観点より、ピーク電圧を下げるこ

とによりインク液滴量を下げ、これにより大径ノズルから小インク液滴を吐出させるという方法は実用にならない。これに対し、静電界を印加し真直ぐ吐出させた場合の着弾位置ずれは±0.016mmであり、さらに、斜め吐出(吐出角度12度)を行った場合は±0.002mmとなる。静電界を印加することにより着弾位置バラツキを低減できるが、斜め吐出を行えば、さらに着弾位置ずれを低減できることとなる。

【0047】以上のように、実施の形態1では、静電界中に斜め吐出を行うことにより、大液滴と小液滴との着弾位置ずれが低減できるため、ドット変調が可能なインクジェット記録装置が提供できる。

【0048】また、静電界中に斜め吐出を行えば、ドット変調を行う時に効果があるだけでなく、2値記録時において、大径ノズルから小液滴吐出を行う場合にも、着弾位置ずれを低減することができる。そして、大径ノズルから小液滴吐出を行うことにより、目詰まりにくく、かつ製造上の歩留まりの良いインクジェット記録装置を提供することができる。

【0049】なお、実施の形態では、斜め吐出の角度は12度が好ましかったが、これは、ノズル10と対向電極4とのギャップ、相対移動速度等の条件により最適な吐出角度があることは言うまでもない。

【0050】また、本実施の形態では、ノズル面11は、圧力室12の長手方向に対して垂直な構成であったが、これは図6の様に、圧力室12の長手方向に対して傾いたものでも構わない。

【0051】また、本実施の形態では、インクジェットヘッド1が記録紙7に対して移動したが、これは、インクジェットヘッド1は静止しており、記録紙7が移動するものでも構わない。その場合、斜め吐出の方向は図7となる。

【0052】また、本実施の形態では、斜め吐出の方向は、ノズル10から対向電極4におろした垂線と、ノズル10からインクジェットヘッド1の記録紙7との相対移動方向へ引いた直線とを含む平面に平行であり、かつインクジェットヘッド1の記録紙7に対する相対移動方向に向かっていしたが、これは、画像上問題のない範囲であれば、上記斜め吐出方向が、上記相対移動方向に向かっておりさえすれば、上記平面と交差する方向であっても構わない。

【0053】また、本実施の形態では、インク吐出に圧力印加手段として圧電素子15と振動板16を用いたが、この圧力印加手段として、熱エネルギーによってインク中に気泡を発生させる手段や、圧電素子による高周

【0065】ここで、垂直方向の距離 $L_v = d$ となると、すなわち、液滴が、記録紙に着弾するまでの時間 $t_a$ を求める式6となる。

$$t_a = \{ -2V_0 \cos \theta + \{ 4V_0^2 \cos^2 \theta + 8V_e \cdot q \}^{1/2} \} d / 2V_0 \cdot q$$

波エネルギー手段を用いたもの、または固体インクを溶融し、その溶融インクを圧電素子により吐出させるものでも構わない。

【0054】次に、上述した通り、本実施の形態の「斜め吐出」の効果について、図8、図9を参照しながら、理論的な説明を行う。図8は、本実施の形態の斜め吐出の原理及び効果を説明するための、インクジェット記録装置の模式断面図である。

【0055】先ず、液滴の着弾位置 $L_d$ を表す式は、以下の様にして導くことができる。

【0056】すなわち、液滴の電荷密度を $q (= 9 \mu\text{C} / \text{g})$ 、インクジェットヘッド速度(キャリッジ速度とも呼ぶ)を $V_e (= 500 \text{ mm} / \text{sec})$ 、液滴がノズルから吐出した時からの経過時間を $t$ 、インクジェットヘッドと記録紙とのギャップを $d (= 1 \text{ mm})$ 、電界発生用電圧を $V_e (= -1800 \text{ V} / \text{mm})$ 、ノズルからの液滴の吐出速度を $V_0$ 、ノズルからの液滴の吐出角度を $\theta$ とする。

【0057】以上の条件の基で、静電界により液滴に働く力 $F$ は、式1で表せる。この式1を変形して、液滴に働く加速度は、式2として表せる。

【0058】

【数1】

$$F = ma = m q V_e / d$$

【0059】

【数2】

$$a = V_e \cdot q / d$$

【0060】一方、液滴の吐出速度 $V_0$ は、図8に示す様に、水平成分として $V_0 \sin \theta$ 、垂直成分として $V_0 \cos \theta$ と表せるので、式2の加速度を考慮すると、液滴の水平方向速度成分 $V_h$ および垂直方向速度成分 $V_v$ は、式3として表せる。

【0061】

【数3】

$$V_h = V_0 + V_0 \sin \theta$$

$$V_v = V_0 \cos \theta + (V_e \cdot q / d) t$$

【0062】これにより、液滴の飛翔距離は、水平方向の距離を $L$ 、垂直方向の距離を $L_v$ とすると、式4、式5の様に表せる。

【0063】

【数4】

$$L = (V_0 + V_0 \sin \theta) t$$

【0064】

【数5】

$$L_v = V_0 \cos \theta \cdot t + (V_e \cdot q / 2d) t^2$$

【0066】

【数6】

【0067】従って、液滴の着弾位置  $L_d$  は、式4に  $t_a$  を代入して得られる。

【0068】

【数7】

$$L_d = (V_c + V_o \sin \theta) t_a$$

【0069】次に、上記の式4～式7を用いて、まず、本発明との比較のために、電界がゼロで、かつ、液滴を斜め吐出した場合の着弾位置について説明する。

【0070】すなわち、この場合、式5に、 $L_v = d$ 、

$V_e = 0$  を代入すると、

【0071】

$$\begin{aligned} L &= (V_c + V_o \sin \theta) d / (V_o \cos \theta) \\ &= (d V_c / \cos \theta) / V_o + (\sin \theta / \cos \theta) d \end{aligned}$$

【0076】式10から明らかなように、液滴の吐出速度  $V_o$  が大きいほど、すなわち、液滴量が大きい程、その逆数の  $1/V_o$  は小さくなるので、着弾距離  $L$  が小さくなるが、異なる  $V_o$  について、双方の着弾距離  $L$  が等しくなる様な吐出角度  $\theta$  は、存在しない。

【0077】従って、この場合、大液滴と小液滴の着弾距離を等しくすることは、理論的に不可能であることがわかる。

【0078】次に、本実施の形態の斜め吐出によれば、

$$t_a = \{-2V_o + (4V_o^2 + 8Ve \cdot q)^{1/2}\} d / 2Ve \cdot q$$

【0081】さらに、この式11を式7に代入すると、着弾位置  $L_d$  は、次式12となる。

$$\begin{aligned} L_d &= V_c \cdot t_a \\ &= V_c \{-2V_o + (4V_o^2 + 8Ve \cdot q)^{1/2}\} d / 2Ve \cdot q \end{aligned}$$

【0083】ここで、式12にて、 $V_o = 0$ 、および  $V_o = \infty$  とすると、式13となる。

$$\begin{aligned} L_d &= V_c (8Ve \cdot q)^{1/2} d / 2Ve \cdot q \quad (\text{但し、} V_o = 0) \\ L_d &= 0 \quad (\text{但し、} V_o = \infty) \end{aligned}$$

【0085】従って、式12の  $L_d$  と  $V_o$  との関係は、図9(a)に示す曲線901の様に表せる。

【0086】次に、 $\theta = 90^\circ$  の場合、式6に  $\theta = 90^\circ$  を代入すると次式14を得る。

【0087】

【数14】

$$t_a = (8Ve \cdot q)^{1/2} d / 2Ve \cdot q$$

【0088】さらに、この式14を式7に代入すると、着弾位置  $L_d$  は、次式15となる。

【0089】

【数15】

【数8】

$$d = V_o \cos \theta \cdot t$$

【0072】となり、これから、着弾時間  $t$  が次式9として表せる。

【0073】

【数9】

$$t = d / (V_o \cos \theta)$$

【0074】そして、式9を式4に代入すると、着弾位置  $L$  は、式10として表せる。

【0075】

【数10】

大液滴と小液滴のそれぞれの着弾位置が等しくなるような、吐出角度  $\theta$  が必ず存在しえることを、説明を簡単にするために、 $\theta = 0^\circ$ 、および  $\theta = 90^\circ$  とした場合のそれぞれの着弾位置を基にして述べる。

【0079】すなわち、 $\theta = 0^\circ$  の場合、式6に  $\theta = 0^\circ$  を代入すると次式11を得る。

【0080】

【数11】

【0082】

【数12】

【0084】

【数13】

$$L_d = (V_c + V_o) t_a$$

$$= (V_c + V_o) (8Ve \cdot q)^{1/2} d / 2Ve \cdot q$$

【0090】ここで、 $k = (8Ve \cdot q)^{1/2} d / 2Ve \cdot q$  において、式15を整理すると、次式16の様に表せる。この式は、 $L_d$  軸と  $k V_o$  で交わる、 $V_o$  についての一次関数である。

【0091】

【数16】

$$L_d = k V_c + k V_o$$

【0092】従って、式16の  $L_d$  と  $V_o$  との関係は、図9(a)に示す直線902として表せる。

【0093】このようにして得られた着弾位置 $L_d$ と吐出速度 $V_e$ の関係を表したグラフ901と902から、着弾位置 $L_d$ と吐出角度 $\theta$ の関係に変換したグラフ903、904を描くと図9(b)のようになる。双方の図において、点 $P_1$ 、 $P_2$ は、点 $P'_1$ 、 $P'_2$ に対応し、点 $Q_1$ 、 $Q_2$ は、点 $Q'_1$ 、 $Q'_2$ に対応している。

【0094】すなわち、図9(a)からわかる様に、グラフ901では、小液滴(例えば、吐出速度 $V_1$ )より大液滴(例えば、吐出速度 $V_2$ )の方が、着弾位置 $L_d$ が小さくなることを示しており、グラフ902では、小液滴より大液滴の方が、着弾位置 $L_d$ が大きくなることを示している。また、同図から、液滴が斜め吐出する場合、すなわち、吐出角度 $\theta$ が、0度と90度の間にある場合、その着弾位置と吐出速度の関係のグラフは、グラフ901と902の間に存在することがわかる。

【0095】一方、ある吐出速度 $V_i$ における着弾位置 $L_d$ の、吐出角度 $\theta$ に対する変化が、物理現象の連続性から考えて、グラフ903(即ち、点 $P'_1$ と点 $P'_2$ とを結ぶ線)は、連続となることは明らかであるから、直線になるとは限らないが、連続線として描いてもよい。同様のことが、点 $Q'_1$ と点 $Q'_2$ を結ぶグラフ904についてもいえる。

【0096】従って、これら双方の連続線903、904は、0度と90度の間に、必ず交点Rを持つので、その交点Rにおける吐出角度 $\theta$ が、大液滴(吐出速度 $V_2$ )と小液滴(吐出速度 $V_1$ )のそれぞれの着弾位置が等しくなる角度となる。

【0097】これにより、本実施の形態の斜め吐出によれば、大液滴と小液滴のそれぞれの着弾位置が等しくなるような、吐出角度 $\theta$ ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )が、必ず存在しえることがわかる。

【0098】次に、上述した液滴の着弾位置を求める上記式7などを用いて、斜め吐出の最適角度(限界角度)を求めるためのシミュレーションを行ったので、その結果について更に説明する。

【0099】まず、本シミュレーションの設定条件について、上記(表1)で述べた場合の条件と異なる点のみを説明する。

【0100】即ち、ここでは、キャリッジの移動速度は100~1100mm/sであり、ギャップ $d$ は1.5mm、電界発生用の印加電圧 $V_e$ は-3kVであり、従って、電界強度は、2kV/mmである。これ以外の条件は、上記の場合と同じである。

【0101】尚、本シミュレーションにおける、インク液滴の吐出速度 $V_d$ は、1.3m/s、2.5m/s、11.6m/s等を基本として用いたが、これらは、それぞれ、インク液滴量としては、18ng、20ng、72ngの液滴の吐出速度に対応する。

【0102】次に、ドット変調を可能とするために必要となる、大液滴(72ng)と小液滴(18ng)との

それぞれの着弾位置間でのずれ量の許容範囲について説明する。尚、着弾位置の定義は、上述した通りである。

【0103】即ち、記録時の画素密度が360dpiの場合、画素ピッチは、次式17により70.6 $\mu$ mである。

【0104】

【数17】

$$25.4 \times 10^3 / 360 = 70.6 (\mu m)$$

【0105】大液滴と小液滴の着弾位置間でのずれ量は、 $\pm 1/4$ 画素の範囲内であれば、良好なドット変調による記録が行えるので、この場合、双方の液滴における上記ずれ量の許容範囲は、 $\pm 17.7 \mu m$ となる。

【0106】更に、大径ノズルから小液滴(20ng)を吐出する場合(2値記録に対応)の着弾位置間のずれ量の許容範囲について説明する。

【0107】この場合、小液滴同士の着弾位置のずれ量は、 $\pm 1/8$ 画素の範囲内であれば、良好な記録が行えるので、液滴同士の着弾位置のずれ量の許容範囲は、 $\pm 8.8 \mu m$ となる。

【0108】尚、この場合、ドット変調の場合の許容範囲に比べて、厳しい値としたのは次の理由によるものである。即ち、一般に、大液滴と小液滴の着弾位置間のずれ量は、そのずれ量のばらつきが少なければ、位置ずれが人間の目には目立ちにくく、又、小液滴のみの場合、その着弾位置のずれは、人間の目には目立ちやすいという性質を考慮したためである。

【0109】又、本実施の形態では、大径ノズルから小液滴(20ng)を吐出する場合、小液滴同士の着弾位置のずれは、吐出速度のばらつき(2.5m/s $\pm$ 30%)に起因するものとして計算した。このような吐出速度のばらつきは、吐出される小液滴の液滴量(20ng)自体のばらつきにより生じるものである。

【0110】まず最初に、大液滴(72ng)と小液滴(18ng)をそれぞれ吐出する場合のシミュレーションについて、図10(a)、図10(b)を参照しながら説明する。ここで、図10(a)、図10(b)は、上述した許容範囲( $\pm 17.7 \mu m$ )内にずれ量がおさまる様な、キャリッジ速度 $V_c$ と、液滴の吐出角度 $\theta$ の限界値との関係を示す図である。尚、吐出角度 $\theta$ の限界値の具体的な算出方法については、後述する。

【0111】図10(a)中で、符号1001を付した欄には、キャリッジの移動速度(mm/s)が示されており、符号1002を付した欄には、大液滴と小液滴の着弾位置間のずれ量が、 $\pm 17.7 \mu m$ 以下になる吐出角度 $\theta$ の限界値が、1001欄のキャリッジ速度に対応して記載されている。又、符号1003を付した欄は、大液滴と小液滴の着弾位置間のずれ量が、 $\pm 17.7 \mu m$ 以下になる吐出角度 $\theta$ の限界値を示している。

【0112】例えば、図10(a)から、例えば、キャリッジの移動速度が、500mm/sの場合、着弾位置

ずれを、±17.7  $\mu\text{m}$  の範囲内におさまるようにするために、吐出角度  $\theta$  は、 $5.4^\circ \leq \theta \leq 7.4^\circ$  の範囲に設定する必要があることがわかる。

【0113】図10(b)は、図10(a)の結果を、グラフに示したものである。同図において、あるキャリッジ速度に対して、直線1004と直線1005との間に存在する吐出角度  $\theta$  が、許容範囲内の角度である。

【0114】次に、(表2)～(表4)を用いて、キャリッジの移動速度が500mm/sの場合における、吐出角度の限界値の求め方について説明する。

【0115】(表2)～(表4)では、小液滴(吐出速度=1.3m/s)と、大液滴(吐出速度=11.6m/s)について、吐出角度  $\theta$  を5度から0.1度刻みで、7.9度まで変化させた場合の、小液滴及び大液滴の着弾位置及び、双方の着弾位置同士の差(ずれ量)な

どについてのシミュレーション結果を示している。

【0116】(表2)から明らかな様に、例えば、吐出角度  $\theta = 5.4$  度における、小液滴及び大液滴の着弾位置は、それぞれ、0.0002041m(204.1  $\mu\text{m}$ )、0.0001876m(187.6  $\mu\text{m}$ )であり、これら双方の着弾位置間のずれ量は、204.1-187.6=16.5( $\mu\text{m}$ )である。又、吐出角度  $\theta$  が、5.3度の場合は、着弾位置間のずれ量は、ほぼ18.2( $\mu\text{m}$ )であり、この場合、許容範囲の限界値+17.7( $\mu\text{m}$ )を越えている。

【0117】以上の結果から、吐出角度  $\theta = 5.4$  度が、許容範囲を決める一方の限界角度となる。

【0118】

【表2】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	垂直速度 (m/s)	静電界 (V)	ギャップ (m)	電荷量 (C/kg)	飛翔時間 (s)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (m)	着弾位置間 のずれ量 ( $\mu\text{m}$ )
1.3	5	1.2950634	3000	0.0015	0.01	0.0003279	4.5742672	0.5	0.0002011	23.126126
11.6	5	11.555861	3000	0.0015	0.01	0.0001178	12.733826	0.5	0.000178	
1.3	5.1	1.2948537	3000	0.0015	0.01	0.0003279	4.5741509	0.5	0.0002019	21.473713
11.6	5.1	11.554079	3000	0.0015	0.01	0.0001178	12.732196	0.5	0.0001804	
1.3	5.2	1.29465	3000	0.0015	0.01	0.0003279	4.5740322	0.5	0.0002026	19.820618
11.6	5.2	11.552262	3000	0.0015	0.01	0.0001178	12.730632	0.5	0.0001828	
1.3	5.3	1.2944424	3000	0.0015	0.01	0.0003279	4.5739113	0.5	0.0002034	18.186629
11.6	5.3	11.550409	3000	0.0015	0.01	0.0001178	12.728836	0.5	0.0001852	
1.3	5.4	1.2942309	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5737881	0.5	0.0002041	16.512333
11.6	5.4	11.548622	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.727108	0.5	0.0001875	
1.3	5.5	1.2940154	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5736626	0.5	0.0002048	14.857117
11.6	5.5	11.546699	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.725349	0.5	0.00019	
1.3	5.6	1.293796	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5735349	0.5	0.0002065	13.20117
11.6	5.6	11.544641	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.723567	0.5	0.0001924	
1.3	5.7	1.2935726	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5734048	0.5	0.0002063	11.544478
11.6	5.7	11.542648	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.721733	0.5	0.0001948	
1.3	5.8	1.2933463	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5732724	0.5	0.0002071	9.8870309
11.6	5.8	11.54062	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.719876	0.5	0.0001972	
1.3	5.9	1.2931141	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5731377	0.5	0.0002078	8.2288147
11.6	5.9	11.538556	3000	0.0015	0.01	0.0001179	12.717988	0.5	0.0001966	

【0119】尚、(表3)は、吐出角度  $\theta$  が6度～6.9度の場合の、着弾位置間のずれ量のシミュレーション結果を表している。(表3)から明らかなように、大液滴と小液滴の着弾位置が、それぞれほぼ等しくなる様な

吐出角度  $\theta$  は、6.4度であることがわかる。

【0120】

【表3】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	垂直速度 (m/s)	静電界 (V)	ギャップ (mm)	電荷量 (C/kg)	飛翔時間 (s)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (mm)	着弾位置間 のずれ量 ( $\mu$ m)
1.3	6	1.2928789	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5730008	0.5	0.0002086	8.5696175
11.6	6	11.536458	3000	0.0015	0.01	0.000118	12.716068	0.5	0.000202	
1.3	6.1	1.2926398	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5728615	0.5	0.0002093	4.9100268
11.6	6.1	11.534324	3000	0.0015	0.01	0.000118	12.714115	0.5	0.0002044	
1.3	6.2	1.2923967	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.57272	0.5	0.0002101	3.2494304
11.6	6.2	11.532165	3000	0.0015	0.01	0.000118	12.71213	0.5	0.0002068	
1.3	6.3	1.2921497	3000	0.0015	0.01	0.000328	4.5725762	0.5	0.0002106	1.5880159
11.6	6.3	11.529951	3000	0.0015	0.01	0.000118	12.710114	0.5	0.0002092	
1.3	6.4	1.2918968	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5724301	0.5	0.0002116	-0.074229
11.6	6.4	11.527712	3000	0.0015	0.01	0.000118	12.708065	0.5	0.0002116	
1.3	6.5	1.2916439	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5722817	0.5	0.0002123	-1.737318
11.6	6.5	11.525438	3000	0.0015	0.01	0.0001181	12.705984	0.5	0.000214	
1.3	6.6	1.2913851	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.572131	0.5	0.0002131	-3.401261
11.6	6.6	11.523129	3000	0.0015	0.01	0.0001181	12.703871	0.5	0.0002165	
1.3	6.7	1.2911224	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.571978	0.5	0.0002138	-5.056073
11.6	6.7	11.520794	3000	0.0015	0.01	0.0001181	12.701726	0.5	0.0002189	
1.3	6.8	1.2908567	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5718228	0.5	0.0002145	-6.731756
11.6	6.8	11.518405	3000	0.0015	0.01	0.0001181	12.699549	0.5	0.0002213	
1.3	6.9	1.2905851	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5716652	0.5	0.0002153	-8.39635
11.6	6.9	11.51599	3000	0.0015	0.01	0.0001181	12.69734	0.5	0.0002237	

【0121】又、(表4)から明らかのように、例えば、吐出角度 $\theta=7.4$ 度における、小液滴及び大液滴の着弾位置は、それぞれ、0.000219m(219 $\mu$ m)、0.0002358m(235.8 $\mu$ m)であり、これら双方の着弾位置間のずれ量は、219-235.8=-16.8( $\mu$ m)である。吐出角度 $\theta$ が、7.5度の場合は、着弾位置間のずれ量は、ほぼ-1

8.4( $\mu$ m)であり、この場合、許容範囲の限界値-17.7( $\mu$ m)を超えている。

【0122】以上の結果から、吐出角度 $\theta=7.4$ 度が、他方の限界角度となる。

【0123】

【表4】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	垂直速度 (m/s)	静電界 (V)	ギャップ (mm)	電荷量 (C/kg)	飛翔時間 (s)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (mm)	着弾位置間 のずれ量 ( $\mu$ m)
1.3	7	1.2903106	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5716054	0.5	0.000216	-10.08584
11.6	7	11.51354	3000	0.0015	0.01	0.0001182	12.695099	0.5	0.0002261	
1.3	7.1	1.2900321	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5713433	0.5	0.0002168	-11.73425
11.6	7.1	11.511056	3000	0.0015	0.01	0.0001182	12.692826	0.5	0.0002285	
1.3	7.2	1.2897497	3000	0.0015	0.01	0.0003281	4.5711789	0.5	0.0002175	-13.40359
11.6	7.2	11.508338	3000	0.0015	0.01	0.0001182	12.690521	0.5	0.0002309	
1.3	7.3	1.2894634	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5710122	0.5	0.0002183	-15.07387
11.6	7.3	11.506961	3000	0.0015	0.01	0.0001182	12.688183	0.5	0.0002334	
1.3	7.4	1.2891731	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5708433	0.5	0.000219	-16.7451
11.6	7.4	11.503391	3000	0.0015	0.01	0.0001182	12.685814	0.5	0.0002358	
1.3	7.5	1.288879	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5706721	0.5	0.0002198	-18.41731
11.6	7.5	1.2885909	3000	0.0015	0.01	0.0001183	12.683413	0.5	0.0002382	
1.3	7.6	1.2882788	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5704986	0.5	0.0002205	-20.0905
11.6	7.6	11.498106	3000	0.0015	0.01	0.0001183	12.68098	0.5	0.0002406	
1.3	7.7	1.2879729	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5703228	0.5	0.0002213	-21.78487
11.6	7.7	11.495411	3000	0.0015	0.01	0.0001183	12.678615	0.5	0.000243	
1.3	7.8	1.2877729	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5701447	0.5	0.000222	-23.43966
11.6	7.8	11.492681	3000	0.0015	0.01	0.0001183	12.676018	0.5	0.0002455	
1.3	7.9	1.287563	3000	0.0015	0.01	0.0003282	4.5699643	0.5	0.0002228	-25.11606
11.6	7.9	11.489915	3000	0.0015	0.01	0.0001184	12.673499	0.5	0.0002479	

【0124】以上の説明から明らかなように、キャリッジの移動速度を変えながら、上記と同様のシミュレーションを行うことにより、図10(a)で示した吐出角度の限界値が求められる。

【0125】従って、図10(b)より、キャリッジの移動速度が4.0 mm/s以上の場合に、ドット変動を可能とするためには、インク液滴の吐出角度は、少なくとも4度以上必要であることがわかる。

【0126】次に、大径ノズルから小液滴(20 ng)を吐出する場合のシミュレーションについて図11(a)、図11(b)を参照しながら説明する。

【0127】ここで、図11(a)、図11(b)は、上述した許容範囲(±8.8 μm)内にずれ量がおさまる様な、キャリッジ速度Vcと、液滴の吐出角度θの限界値との関係を示す図である。

【0128】図11(a)中で、符号1101を付した欄には、キャリッジの移動速度(mm/s)が示されており、符号1102を付した欄には、液滴量のばらつきに起因して、吐出速度に±3.0%のばらつきを有する液滴の着弾位置間のずれ量が、+8.8 μm以下になる吐出角度θの限界値が、1101欄のキャリッジ速度に対応して記載されている。又、符号1103を付した欄は、上記液滴の着弾位置間のずれ量が、-8.8 μm以下になる吐出角度θの限界値を示している。

【0129】図11(b)の見方も、図10(b)と同様である。即ち、同図において、あるキャリッジ速度に対して、直線1104と直線1105との間に存在する吐出角度θが、許容範囲内の吐出角度である。

【0130】次に、(表5)～(表8)を用いて、キャリッジの移動速度が5.0 mm/sの場合における、吐出角度の限界値の求め方について説明する。

【0131】ここでは、(表5)～(表8)に示す様に、小液滴の液滴量自体のばらつきに起因する吐出速度のばらつきを考慮して(吐出速度=2.5 mm/s±3.0%)、吐出速度としては、2.5 mm/s、1.75 mm/s、3.25 mm/sの3種類を用いた。そして、それぞれの吐出速度について、吐出角度θを3度から0.1度刻みで、6.9度まで変化した場合の、各液滴の着弾位置及び、吐出速度の差による着弾位置のずれ量などについてのシミュレーションによる計算結果を示している。

【0132】(表5)から明らかな様に、例えば、吐出角度θ=6.7度における、液滴の着弾位置は、吐出速度に応じて、それぞれ、0.0002237 m(223.7 μm)、0.0002183 m(218.3 μm)、0.000227 m(227 μm)であり、これらの着弾位置間のずれ量は、ほぼ最大-8.7(μm)である。又、吐出角度θが、6.8度の場合は、着弾位置間のずれ量は、ほぼ-9.2(μm)であり、この角度の場合、許容範囲の限界値-8.8(μm)を越えている。

【0133】以上の結果から、吐出角度θ=6.7度が、許容範囲を決める限界角度として求まる。

【0134】

【表5】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	液滴速度 (m/s)	許容範囲 (V)	ギャップ (m)	液滴量 (C/kg)	印刷時間 (S)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (m)	着弾位置間 のずれ量 (μm)
2.5	6	2.4862055	3000	0.0015	0.01	0.0002824	5.31076	0.5	0.000213	
1.75	6	1.7404139	3000	0.0015	0.01	0.0003099	4.8597486	0.5	0.0002117	
3.25	6	3.231972	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8147371	0.5	0.0002167	-5.002952
2.5	6.1	2.4864667	3000	0.0015	0.01	0.0002325	5.314036	0.5	0.0002163	
1.75	6.1	1.740092	3000	0.0015	0.01	0.0003099	4.8595823	0.5	0.0002126	
3.25	6.1	3.2315994	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8123231	0.5	0.0002152	-6.551442
2.5	6.2	2.4853783	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.310547	0.5	0.0002175	
1.75	6.2	1.7397648	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8593526	0.5	0.0002136	
3.25	6.2	3.2309918	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8118063	0.5	0.0002196	-6.072742
2.5	6.3	2.4846053	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3088447	0.5	0.0002187	
1.75	6.3	1.7394332	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8591561	0.5	0.0002146	
3.25	6.3	3.2307343	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8114747	0.5	0.0002211	-6.894196
2.5	6.4	2.4844207	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3095897	0.5	0.00022	
1.75	6.4	1.7390946	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8589442	0.5	0.0002165	
3.25	6.4	3.2297499	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8110408	0.5	0.0002255	-7.115804
2.5	6.5	2.4839305	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3082095	0.5	0.0002213	
1.75	6.5	1.7387614	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8587351	0.5	0.0002164	
3.25	6.5	3.2291096	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8109991	0.5	0.000224	-7.637560
2.5	6.6	2.4834322	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.308885	0.5	0.0002225	
1.75	6.6	1.738409	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8585428	0.5	0.0002174	
3.25	6.6	3.2284628	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8101512	0.5	0.0002265	-8.162491
2.5	6.7	2.4829776	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3095832	0.5	0.0002237	
1.75	6.7	1.7380490	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8585072	0.5	0.0002183	
3.25	6.7	3.2279669	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8099594	0.5	0.0002227	-8.681613
2.5	6.8	2.4824148	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3082205	0.5	0.0002249	
1.75	6.8	1.7376904	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8580884	0.5	0.0002193	
3.25	6.8	3.2271382	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8082349	0.5	0.0002285	-8.203916
2.5	6.9	2.4818944	3000	0.0015	0.01	0.0002825	5.3078809	0.5	0.0002262	
1.75	6.9	1.7373261	3000	0.0015	0.01	0.00031	4.8578664	0.5	0.0002232	
3.25	6.9	3.2264627	3000	0.0015	0.01	0.0002381	5.8087606	0.5	0.0002299	-9.726223

【0135】又、これと同様にして、(表8)より吐出角度 $\theta = 3.4$ 度が、もう一方の限界角度として求められる。

【0136】尚、(表6)から明らかなように、大液滴と小液滴の着弾位置が、それぞれ等しくなる様な吐出角

度 $\theta$ は、5.0度と5.1度の間に存在することがわかる。

【0137】

【表6】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	飛来速度 (m/s)	静電圧 (V)	ギャップ (m)	電荷量 (C/kg)	飛翔時間 (s)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (m)	着弾位置間 のずれ量 ( $\mu$ m)
2.5	5	2.4904873	3000	0.0015	0.01	0.0002823	5.3134904	0.5	0.0002027	
1.75	5	1.743411	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8415332	0.5	0.0002022	
2.25	5	2.2376335	3000	0.0015	0.01	0.0002479	5.8165067	0.5	0.0002020	0.173267
2.5	5.1	2.4901032	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3132326	0.5	0.0002029	
1.75	5.1	1.7430723	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8413593	0.5	0.0002022	
2.25	5.1	2.2371342	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8161558	0.5	0.0002035	-0.346473
2.5	5.2	2.4897116	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3129839	0.5	0.0002031	
1.75	5.2	1.7427981	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8412021	0.5	0.0002041	-0.366538
2.25	5.2	2.2368554	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8158041	0.5	0.0002049	
2.5	5.3	2.4893124	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3127232	0.5	0.0002054	
1.75	5.3	1.7425187	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8410377	0.5	0.0002064	-1.386338
2.25	5.3	2.2361061	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8154446	0.5	0.0002076	
2.5	5.4	2.4882656	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3124575	0.5	0.0002086	
1.75	5.4	1.7422356	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8408581	0.5	0.0002098	
2.25	5.4	2.2355772	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8150782	0.5	0.0002107	-1.308477
2.5	5.5	2.4884212	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3118787	0.5	0.0002109	
1.75	5.5	1.7419438	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8406012	0.5	0.0002103	-2.426154
2.25	5.5	2.2350398	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8147051	0.5	0.0002103	
2.5	5.6	2.4869598	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3119115	0.5	0.0002109	
1.75	5.6	1.7416484	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8405011	0.5	0.0002109	-2.247173
2.25	5.6	2.23449	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8143251	0.5	0.0002113	
2.5	5.7	2.4876397	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.311631	0.5	0.0002088	
1.75	5.7	1.7413478	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8403383	0.5	0.0002123	-3.467134
2.25	5.7	2.2329515	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8119465	0.5	0.0002126	
2.5	5.8	2.4872055	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3119131	0.5	0.0002096	
1.75	5.8	1.7410418	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8401313	0.5	0.0002107	-3.389440
2.25	5.8	2.2333363	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8138447	0.5	0.0002138	
2.5	5.9	2.4867578	3000	0.0015	0.01	0.0002223	5.3110553	0.5	0.0002107	
1.75	5.9	1.7407305	3000	0.0015	0.01	0.0003096	4.8399415	0.5	0.0002152	-4.509292
2.25	5.9	2.2327562	3000	0.0015	0.01	0.0002579	5.8131453	0.5	0.0002152	

【0138】

【表7】

吐出速度 (m/s)	吐出角度 (°)	飛来速度 (m/s)	静電圧 (V)	ギャップ (m)	電荷量 (C/kg)	飛翔時間 (s)	平均速度 (m/s)	キャリッジ 速度 (m/s)	着弾位置 (m)	着弾位置間 のずれ量 ( $\mu$ m)
2.5	4	2.4931105	3000	0.0015	0.01	0.0003232	5.3157262	0.5	0.0001923	
1.75	4	1.7467373	3000	0.0015	0.01	0.0003097	4.8425946	0.5	0.0001927	
2.25	4	2.2405636	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8169684	0.5	0.0001913	5.363547
2.5	4.1	2.4930502	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3152549	0.5	0.0001925	
1.75	4.1	1.7459413	3000	0.0015	0.01	0.0003097	4.8426593	0.5	0.0001936	
2.25	4.1	2.241663	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8130588	0.5	0.0001936	4.846067
2.5	4.2	2.4925966	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3151157	0.5	0.0001928	
1.75	4.2	1.7460306	3000	0.0015	0.01	0.0003097	4.8427282	0.5	0.0001946	
2.25	4.2	2.2417786	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8130435	0.5	0.0001902	4.378489
2.5	4.3	2.4925963	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3151075	0.5	0.0001934	
1.75	4.3	1.7459561	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8426932	0.5	0.0001955	
2.25	4.3	2.2405743	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8131733	0.5	0.0001917	3.807173
2.5	4.4	2.4925332	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3149913	0.5	0.0001952	
1.75	4.4	1.7458426	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8424980	0.5	0.0001965	
2.25	4.4	2.2404522	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8134349	0.5	0.0001935	3.288914
2.5	4.5	2.4923336	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3145702	0.5	0.0001966	
1.75	4.5	1.7456067	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8423244	0.5	0.0001974	
2.25	4.5	2.2399819	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8131399	0.5	0.0001946	2.769064
2.5	4.6	2.4919477	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3144442	0.5	0.0001977	
1.75	4.6	1.7453534	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8421506	0.5	0.0001980	
2.25	4.6	2.2393332	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8132131	0.5	0.0001989	2.250989
2.5	4.7	2.491594	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3142055	0.5	0.0001993	
1.75	4.7	1.7441158	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8417698	0.5	0.0001978	1.731659
2.25	4.7	2.2390724	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8132772	0.5	0.0002002	
2.5	4.8	2.4912387	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3138514	0.5	0.0002008	
1.75	4.8	1.7438639	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8416511	0.5	0.0002008	1.212323
2.25	4.8	2.2386025	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8131263	0.5	0.0002014	
2.5	4.9	2.4909528	3000	0.0015	0.01	0.0002992	5.3127263	0.5	0.0002012	
1.75	4.9	1.7436046	3000	0.0015	0.01	0.0003098	4.8415939	0.5	0.0002005	0.692855
2.25	4.9	2.2381329	3000	0.0015	0.01	0.0002578	5.8131418	0.5	0.0002005	

【0139】

【表8】

吐出速度 (mm/s)	吐出角度 (°)	吐出速度 (mm/s)	静電界 (V)	ギャップ (mm)	電圧量 (C/cm)	飛翔時間 (S)	平均速度 (mm/s)	キャリッジ 速度 (mm/s)	着弾位置 (mm)	着弾位置間 のずれ量 (μm)
2.5	3	2.496874	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3174694	0.5	0.000178	
1.75	3	1.7476018	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8441319	0.5	0.0001832	
3.25	3	3.2485463	3000	0.0015	0.01	0.002676	5.8719986	0.5	0.000176	10.544274
2.5	3.1	2.495419	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3173147	0.5	0.0001798	
1.75	3.1	1.7474393	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8440328	0.5	0.0001841	
3.25	3.1	3.2482446	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8717773	0.5	0.0001743	10.024673
2.5	3.2	2.4951021	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3171186	0.5	0.0001804	
1.75	3.2	1.7472715	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8433304	0.5	0.0001851	
3.25	3.2	3.2480388	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8715812	0.5	0.0001756	9.507372
2.5	3.3	2.4953648	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3169264	0.5	0.0001817	
1.75	3.3	1.7470864	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8438248	0.5	0.000186	
3.25	3.3	3.2448113	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8713353	0.5	0.000177	8.989789
2.5	3.4	2.4956980	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3168299	0.5	0.0001828	
1.75	3.4	1.7469199	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8437159	0.5	0.000187	
3.25	3.4	3.2447398	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.871085	0.5	0.0001735	8.472062
2.5	3.5	2.4953373	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3165593	0.5	0.0001841	
1.75	3.5	1.7467361	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8436272	0.5	0.0001879	
3.25	3.5	3.2459585	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8706772	0.5	0.0001735	7.954250
2.5	3.6	2.4950971	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3164818	0.5	0.0001854	
1.75	3.6	1.746547	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8434984	0.5	0.0001889	
3.25	3.6	3.2435872	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8692285	0.5	0.0001814	7.434331
2.5	3.7	2.4947944	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3163004	0.5	0.0001856	
1.75	3.7	1.7463525	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8430998	0.5	0.0001868	
3.25	3.7	3.2432262	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8692378	0.5	0.0001829	6.918308
2.5	3.8	2.494604	3000	0.0015	0.01	0.002281	5.3161139	0.5	0.0001878	
1.75	3.8	1.7461628	3000	0.0015	0.01	0.002097	4.8430268	0.5	0.0001894	
3.25	3.8	3.2428562	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8691211	0.5	0.0001844	4.400153
2.5	3.9	2.494211	3500	0.0015	0.01	0.002097	4.8431225	0.5	0.0001917	
1.75	3.9	1.7462177	3500	0.0015	0.01	0.002097	4.8431225	0.5	0.0001858	5.881912
3.25	3.9	3.2424743	3000	0.0015	0.01	0.002677	5.8195672	0.5	0.0001858	5.881912

【0140】以上の説明から明らかなように、キャリッジの移動速度を変えながら、上記と同様のシミュレーションを行うことにより、図11(a)で述べた、吐出角度の限界値が求められる。

【0141】従って、図11(b)より、キャリッジの移動速度が400mm/s以上の場合に、大径ノズルから小液滴(20ng)を吐出して、その吐出速度のばらつきによる着弾位置間のずれ量を上記許容範囲内におさめるためには、インク液滴の吐出角度は、少なくとも2.4度以上必要であることが分かる。

【0142】(実施の形態2)図12は本発明にかかる第2の実施の形態のインクジェットヘッド1を示す断面図である。図2と異なるのは、ノズル面11を対向電極4と平行になるようにし、かつ、ノズル10の軸10aをノズル面11に対して傾けた事である。その他の構成は実施の形態1と同様である。この構成により、インク液滴17を静電界中に対して斜めに吐出させることができる。また、実施の形態1と同様の効果を得ることができる。また、実施の形態1の構成において、インクジェットヘッド1の移動方向に対して複数のノズル10を備えた場合、ノズル板8のインクジェットヘッド1の移動方向203の幅801を長くする必要があり、この場合、静電界が不均一となり好ましくない。しかしながら、本実施の形態においては、ノズル面11と対向電極4とが平行であるため、インクジェットヘッド1の移動方向に対して複数のノズル10を備え、ノズル板8のインクジェットヘッド1の移動方向の幅を長くしても、静電界が均一とする事ができる。

【0143】以上のように、この実施の形態2では、ノズル面11を対向電極4と平行になるようにし、かつ、ノズル10の軸をノズル面11に対して傾けた事により、インクジェットヘッド1の移動方向に対して複数のノズル10を備える構成も容易に実現できる。

【0144】(実施の形態3)図13は本発明にかかる第3の実施の形態のインクジェット記録装置の概略構成図である。実施の形態1と異なるのは、特許請求の範囲における相対移動速度切り替え手段としてキャリッジ速度を可変としたことと、特許請求の範囲における吐出角度切り替え手段として偏心カム18とインクジェットヘッド回転軸19とを備えたことである。

【0145】以上のように構成されたインクジェット記録装置の動作について説明する。インクジェット記録装置においては、高画質、高速の要望に応じて記録解像度を変えることがある。この場合、高画質を欲する場合は記録の解像度を高め、キャリッジ2の移動速度を低下させる。また高速を欲する場合は記録の解像度を低くしキャリッジ2の速度を速くする。キャリッジ2の速度を変えた場合は、着弾位置バラツキの観点から、キャリッジ2の速度に応じて斜め吐出の吐出角度を変える事が好ましい。本実施の形態では、キャリッジ2の速度に応じて偏心カム18を図示しない手段により回転させ、それに伴いインクジェットヘッド1をインクジェットヘッド回転軸19を中心に回転させ、斜め吐出の吐出角度を所望の角度に切り替えることができる。例えば、キャリッジ2の速度が速い場合は、より斜めに吐出させる。

【0146】以上のように、本実施の形態では、キャリ

ッジ2の速度に応じて斜め吐出の角度を所望の角度に切り替える構成を備えているため、高画質モード、高速度モードにおいても着弾位置バラツキが少ない、またドット変調可能なインクジェット記録装置を提供することができる。

【0147】（実施の形態4）図14は本発明にかかる第4の実施の形態のインクジェット記録装置の概略構成図である。図13と異なるのは、キャリッジ2の記録紙7に対する往動作中、復動作中共にインク液滴17の吐出を行うようにし、かつ、往動作時と復動作時とで斜め吐出の吐出方向がキャリッジ2の移動方向に垂直な面に対して対称となるようにインクジェットヘッド1を回転させるようにしたことである。

【0148】以上のように構成されたインクジェット記録装置の動作について説明する。A点からB点への動作時は実線で示した位置に、またB点からA点への動作時は破線で示した位置にインクジェットヘッド1が位置決めされるように偏心カム18を回転させる。このとき、記録紙との相対移動方向を検知するセンサー等とを設け、そのセンサーにより決定された相対移動方向に応じて、ノズルから吐出するインクの吐出方向を偏心カム18により切り替えることよい。

【0149】以上のように、この実施の形態4では、インクの吐出方向が、キャリッジ2の移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、記録紙に対するインクジェットヘッドの相対移動方向側であり、特に、キャリッジ2の往動作時と復動作時とで斜め吐出の吐出方向がキャリッジ2の移動方向に垂直な面に対して対称となるようにしたことにより、いわゆる往復記録を行っても着弾位置バラツキの少ない、また、ドット変調可能なインクジェット記録装置を提供することができる。

【0150】以上のように本発明によれば、インクを収容する圧力室と、圧力室に連通しインクを吐出するノズルと、圧力室に圧力を印加するための圧力印加手段とからなるインクジェットヘッドと、インクジェットヘッドと記録紙とを相対移動させる相対移動手段と、インクジェットヘッドに対向する位置に配置された対向電極と、インクと対向電極との間に電圧を印加する電圧印加手段とを備え、ノズルからのインクの吐出方向が、相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して斜め方向であり、かつ、相対移動手段による記録紙に対するインクジェットヘッドの相対移動方向側となるようにしたことにより、大径ノズルから小液滴吐出を行う場合、着弾位置ずれを低減することができ、目詰まりにくく、かつ製造上の歩留まりの良いインクジェット記録装置を提供することができる。

【0151】また、圧力印加手段の圧力を可変とする圧力可変手段を備え、ノズルからのインクの吐出量を可変とすることにより、ドット変調可能なインクジェット記録装置が提供できる。

【0152】また、ノズル面に対してノズルの軸が斜めになるようにしたことにより、インクジェットヘッドの移動方向に対して複数のノズルを備える構成を容易に実現できる。

【0153】また、相対移動手段によるインクジェットヘッドと記録紙との相対移動速度を切り替える相対移動速度切り替え手段と、相対移動手段によるインクジェットヘッドと記録紙との相対移動速度に応じてインクの吐出の角度を切り替える吐出角度切り替え手段とを備えたことにより、高画質モード、高速度モードにおいても着弾位置バラツキが少ない、またドット変調可能なインクジェット記録装置ならびに記録方法を提供することができる。

【0154】また、相対移動手段によって、インクジェットヘッドを、例えば記録紙に対して往復動作させ、かつ、ノズルからのインクの吐出を、往動作時、復動作時共に往ね、往動作時と復動作時とはインク液滴の吐出方向が相対移動手段による相対移動方向に垂直な面に対して対称の方向となるようにしたことにより、往復記録を行っても着弾位置バラツキの少ない、また、ドット変調可能なインクジェット記録装置ならびに記録方法を提供することができる。

【0155】

【発明の効果】以上述べたところから明らかなように本発明は、大径ノズルから小液滴の吐出を行った場合のインク液滴の着弾位置間のずれ量をより一層低減することが出来るという長所を有する。

【0156】又、大液滴と小液滴による記録紙への着弾位置間のずれ量をより一層低減することにより、ドット変調が可能となるという長所を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるインクジェット記録装置の概略構成図

【図2】本発明の実施の形態1におけるインクジェットヘッドを示す断面図

【図3】本発明の実施の形態1における圧電素子に印加する電圧波形を示す図

【図4】本発明の実施の形態1における電圧波形のピーク電圧とインク液滴量の関係を示す図

【図5】本発明の実施の形態1におけるインク液滴量と着弾位置との関係を示す図

【図6】本発明の実施の形態1における他の斜め吐出方法を示す図

【図7】本発明の実施の形態1におけるインクジェットヘッドを示す断面図

【図8】本実施の形態の「斜め吐出」の概念及び効果を説明するための、インクジェット記録装置の模式断面図

【図9】（a）：吐出角度 $\theta$ が0度及び90度の場合についての、吐出速度 $V_0$ と着弾位置 $L_d$ との関係を示す図

(b) : 図9 (a) に示した吐出速度 $V_0$ と着弾位置 $L_d$ との関係において、横軸を吐出角度 $\theta$ に変換した場合の、 $\theta$ と $L_d$ との関係を示す図

【図10】 (a) ~ (b) : 許容範囲 ( $\pm 17.7 \mu m$ ) 内にずれ量がおさまる様な、キャリッジ速度 $V_c$ と、液滴の吐出角度 $\theta$ の限界値との関係を示す図

【図11】 (a) ~ (b) : 許容範囲 ( $\pm 8.8 \mu m$ ) 内にずれ量がおさまる様な、キャリッジ速度 $V_c$ と、液滴の吐出角度 $\theta$ の限界値との関係を示す図

【図12】 本発明の実施の形態2におけるインクジェットヘッドを示す断面図

【図13】 本発明の実施の形態3におけるインクジェット記録装置の概略構成図

【図14】 本発明の実施の形態4におけるインクジェット記録装置の概略構成図

【図15】 従来のインクジェット記録装置の概略断面図

【符号の説明】

1 インクジェットヘッド

2 キャリッジ

3 キャリッジ軸

4 対向電極

5 電源

6 記録紙搬送手段

7 記録紙

8 ノズル板

9 インク

10 ノズル

11 ノズル面

12 圧力室

13 圧力室構造体

14 インク供給口

15 圧電素子

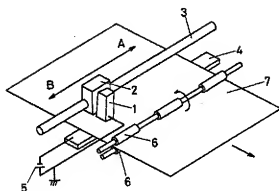
16 振動板

17 インク液滴

18 偏心カム

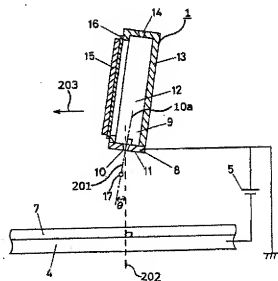
19 インクジェットヘッド回転軸

【図1】

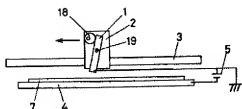


- 1 インクジェットヘッド
- 2 キャリッジ
- 3 キャリッジ軸
- 4 対向電極
- 5 電源
- 6 記録紙搬送手段
- 7 記録紙

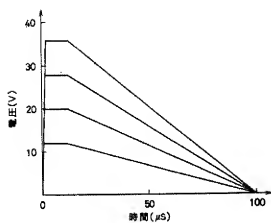
【図2】



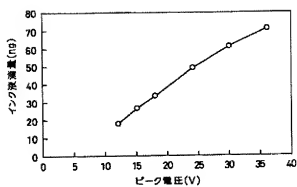
【図13】



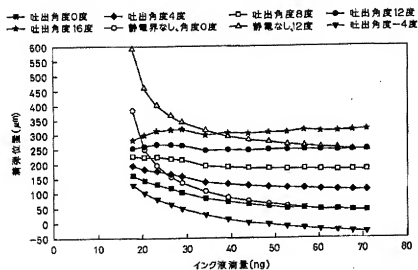
【図3】



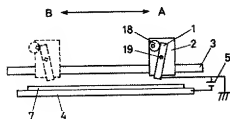
【図4】



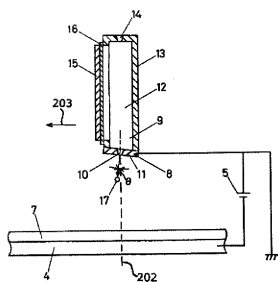
【図5】



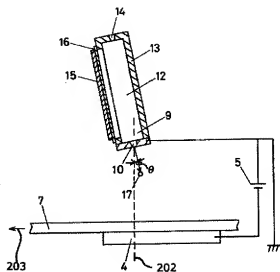
【図14】



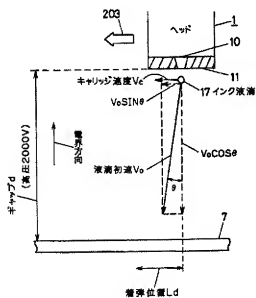
【図6】



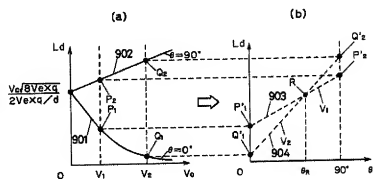
【図7】



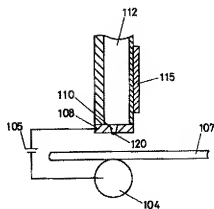
【図8】



【図9】



【図15】



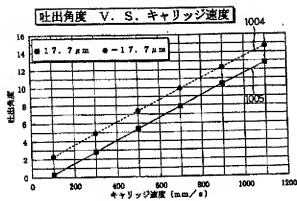
【图 10】

1001	1002	1003
キャリッジ速度 (mm/s)	17.7 $\mu$ m以下と なる限界角度 (°)	-17.7 $\mu$ m以下と なる限界角度 (°)
160	0.3	2.3
300	2.8	4.9
500	5.4	7.4
700	7.9	9.9
900	10.4	12.3
1100	12.8	14.7

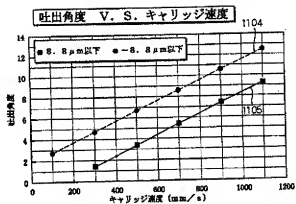
【图 1-1】

1101		1102		1103	
キヤリッパ速度 (mm/s)	8.8 $\mu$ m以下とな る限界角度 (°)	8.8 $\mu$ m以下とな る限界角度 (°)	8.8 $\mu$ m以下とな る限界角度 (°)	8.8 $\mu$ m以下とな る限界角度 (°)	8.8 $\mu$ m以下とな る限界角度 (°)
100				2.7	
300		1.4		4.7	
500		3.4		6.7	
700		5.4		8.8	
900		7.4		10.6	
1100		9.3		12.5	

(b)



(b)



【例 12】

